

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-79509

(P2002-79509A)

(43) 公開日 平成14年3月19日 (2002.3.19)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

B 2 8 B 3/26

3/22

識別記号

F I

B 2 8 B 3/26

3/22

テーマコード\* (参考)

4 G 0 5 4

審査請求 未請求 請求項の数18 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2001-139179 (P2001-139179)

(22) 出願日 平成13年5月9日 (2001.5.9)

(31) 優先権主張番号 特願2000-197996 (P2000-197996)

(32) 優先日 平成12年6月30日 (2000.6.30)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000004260

株式会社デンソー

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(72) 発明者 鶴田 忠志

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会

社デンソー内

(72) 発明者 山口 悟

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会

社デンソー内

(74) 代理人 100079142

弁理士 高橋 祥泰

Fターム (参考) 4G054 AA05 BD02 BD12 BD14 BD18

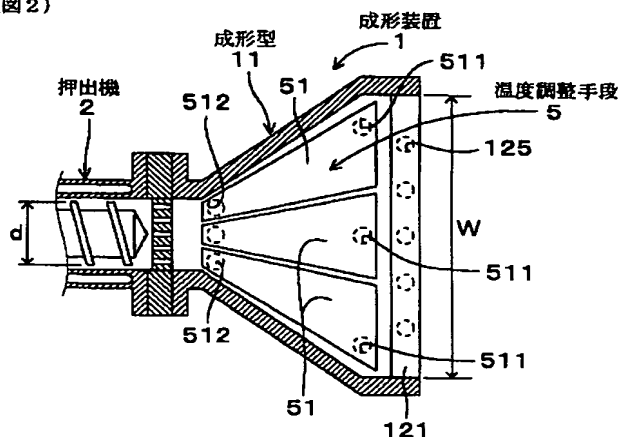
(54) 【発明の名称】 セラミックシートの成形方法及び成形装置

(57) 【要約】

【課題】 スクリュー押出機を用いて比較的幅広く厚さが薄いセラミックシートをしわの発生を抑制しつつ押出成形することができる、セラミックシートの成形方法及び成形装置を提供すること。

【解決手段】 スクリュー式の押出機2と、押出機2の先端に配設された成型型11とを有する成型装置1を用い、押出機2に導入したセラミック材料を成型型11からシート形状に押出成形してセラミックシートを成形する方法において、成型型11を通過中のセラミック材料を、その幅方向に複数に分割してなる各領域においてそれぞれ温度調整しながら押出成形を行う。

(図2)



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 スクリュー式の押出機と、該押出機の先端に配設された成型型とを有する成型装置を用い、上記押出機に導入したセラミック材料を上記成型型からシート形状に押出成形してセラミックシートを成形する方法において、上記成型型を通過中のセラミック材料を、その幅方向に複数に分割してなる各領域においてそれぞれ温度調整しながら押出成形を行うことを特徴とするセラミックシートの成形方法。

【請求項2】 請求項1において、押出成形された上記セラミックシートの成形速度相関データを上記各領域に対応する領域ごとに測定し、得られた速度相関データに基づいて上記温度調整を行うことを特徴とするセラミックシートの成形方法。

【請求項3】 請求項1又は2において、上記押出機に内蔵されたスクリューの外径 $d$ と上記セラミックシートの幅寸法 $W$ とは、 $W \geq 3d$ の関係にあることを特徴とするセラミックシートの成形方法。

【請求項4】 請求項1又は2において、上記押出機に内蔵されたスクリューの外径 $d$ と上記セラミックシートの幅寸法 $W$ とは、 $W \geq 5d$ の関係にあることを特徴とするセラミックシートの成形方法。

【請求項5】 請求項1～4のいずれか1項において、上記押出機に内蔵されたスクリューの外径 $d$ は70mm以下であることを特徴とするセラミックシートの成形方法。

【請求項6】 請求項1～5のいずれか1項において、上記セラミックシートの厚みは1.5mm以下であることを特徴とするセラミックシートの成形方法。

【請求項7】 請求項1～5のいずれか1項において、上記セラミックシートの厚みは300 $\mu$ m以下であることを特徴とするセラミックシートの成形方法。

【請求項8】 請求項1～7のいずれか1項において、上記成型型には、セラミック材料の流動抵抗を変化させる整流板を進退可能に配設してあり、上記温度調整を行うと共に上記整流板の進退によってセラミック材料の流動抵抗を調整しながら押出成形を行うことを特徴とするセラミックシートの成形方法。

【請求項9】 スクリュー式の押出機と、該押出機の先端に配設された成型型とを有し、上記押出機に導入したセラミック材料を上記成型型からシート形状に押出成形してセラミックシートを成形する装置において、上記成型型には、該成型型内を通過するセラミック材料を、その幅方向に複数に分割してなる各領域においてそれぞれ温度調整するための温度調整手段を有していることを特徴とするセラミックシートの成形装置。

【請求項10】 請求項9において、上記温度調整手段は、上記成型型を幅方向に分割してなる各領域ごとにそれぞれ設けたチャンバーと、該チャンバーにそれぞれ加熱または冷却用の熱媒体を循環させる熱媒体循環手段と

を有することを特徴とするセラミックシートの成形装置。

【請求項11】 請求項9又は10において、上記温度調整手段は、上記成型型を幅方向に分割してなる各領域ごとに制御可能なヒータを有することを特徴とするセラミックシートの成形方法。

【請求項12】 請求項9～11のいずれか1項において、上記成型装置は、上記成型型から押出されたセラミックシートの成形速度を上記各領域に対応する領域ごとに測定する成形速度相関データ測定手段と、該成形速度相関データ測定手段により得られた速度相関データに基づいて上記温度調整手段を制御する制御手段を有することを特徴とするセラミックシートの成形装置。

【請求項13】 請求項9～12のいずれか1項において、上記押出機に内蔵されたスクリューの外径 $d$ と上記セラミックシートの幅寸法 $W$ とは、 $W \geq 3d$ の関係にあることを特徴とするセラミックシートの成形装置。

【請求項14】 請求項9～13のいずれか1項において、上記押出機に内蔵されたスクリューの外径 $d$ と上記セラミックシートの幅寸法 $W$ とは、 $W \geq 5d$ の関係にあることを特徴とするセラミックシートの成形装置。

【請求項15】 請求項9～14のいずれか1項において、上記押出機に内蔵されたスクリューの外径 $d$ は70mm以下であることを特徴とするセラミックシートの成形装置。

【請求項16】 請求項9～15のいずれか1項において、上記セラミックシートの厚みは1.5mm以下であることを特徴とするセラミックシートの成形装置。

【請求項17】 請求項9～15のいずれか1項において、上記セラミックシートの厚みは300 $\mu$ m以下であることを特徴とするセラミックシートの成形装置。

【請求項18】 請求項9～17のいずれか1項において、上記成型型には、セラミック材料の流動抵抗を変化させる整流板を進退可能に配設してあることを特徴とするセラミックシートの成形装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【技術分野】 本発明は、例えば積層排気ガスセンサ並びに積層ヒータ等に使用するセラミックグリーンシートの成形方法および成形装置に関するものである。

## 【0002】

【従来技術】 セラミックシートの成形方法は、ドクターブレード法（キャスト法）と押出成形法が知られている。一般には、ドクターブレード法で製造されている。この方法では、まずセラミック粉末を有機バインダー（結合剤）及び溶剤などに混合し、スラリーを作成する。次いで、スラリーをキャリアフィルム上に設置されたドクターブレードを有するダムへ注入し、前記キャリアフィルムを一定方向に一定速度で移動する。これにより、上記スラリーがドクターブレードとキャリアフィル

ムの隙間から連続的に流出される。その後、キャリアフィルムと共にスラリーを乾燥し、これをキャリアフィルムから剥離されることにより、一定厚さのセラミックシートが得られる。

【0003】しかし、前記ドクターブレード法においては、多量の溶剤を加えたスラリーを使用する必要があり、そのため、乾燥後のシート内に溶剤の揮発した後に出来る気孔が数多くできる。この多数の気孔の存在によって、セラミック粉末の充填率の低下、焼成収縮の増大、焼成収縮のバラツキ等の不具合が発生する。そしてその結果、製品寸法がばらつくという問題が発生する。

【0004】また、厚いシートを成形する場合、スラリーから成形するために、スラリーを厚く保形するのが非常に困難となり、厚いシートを成形することが出来ない。そのため厚いシートを必要とする製品を製造する場合、薄いシートを必要枚数積層して製造しなければならないという問題が生じる。

【0005】また、セラミック粉末は、完全な単分散の粒度分布に揃えることは非常に難しく、ある程度の幅の粒度分布を有する。そのため、上記ドクターブレード法により仮に厚いシートが成形できたとしても、乾燥中に上記スラリー中において、大きい粒子のセラミックが先に自然沈降し、シートの上面部分と下面部分で密度差が生じる。その結果、上面と下面で焼成収縮率の差が発生し、製品が反るという問題が発生する。なお、この問題は、ドクターブレード法の場合、薄いシートでも同様に発生する場合がある。

【0006】それに対して、押出成形法によれば、セラミック粉末の充填率が高く、厚いシートを成形することができる。押出成形には、プランジャー式とスクリー式があり、プランジャー式はセラミック材料を詰めてピストンにより成形型から押出す方法で、セラミック材料の詰め方にもよるが一定の流れ性を得ることが出来るが、セラミック材料を連続的に押出すことが出来ないという欠点がある。

【0007】一方、スクリー式は、スクリーを内蔵した押出機を用い、スクリーを回転させることにより成形型より連続的に押出す方法である。しかし、スクリー押出機内部でのセラミック材料の流れ性のバラツキにより、幅が広く厚さの薄いシートを、特にスクリー径の小さな押出機を用いて成形しようとすると、部分的に成形圧力が上昇したり、低下したりすることにより、セラミック材料の流れが不均一となり、シートにしわが発生する。

【0008】この問題に対しては、種々の対策が提案されてきた。

(1) スクリー径を大きくすることにより、セラミック材料にかかる圧力を十分に均一化する。この対策では、シートへのしわの発生を防止できるが、スクリー押出機が非常に大型化する。そのため、セラミック材料

を変更する場合の分解洗浄に、非常に大きな工数がかかると共に、装置内に残るセラミック材料が多くなることから原料歩留まりが非常に悪化するという問題がある。

【0009】(2) 特開昭63-307903号公報では、プランジャー式の場合において、中央部よりも両端部のシート温度を高くすることにより両端部と中央部のシートの流動速度をほぼ等しくなるようにする技術が開示されている。しかしながら、スクリー式の場合には、プランジャー式のようにいつも中央部の速度が速いとは限らず、両端部またはある一部分が早いときに調整できないという問題が生じるので、この技術をそのままスクリー式に適用することはできない。また、適用できたとしてもスクリー径の大きな場合は、シート内に欠陥を多く発生させてしまう。

【0010】(3) 特開昭61-125805号公報には、整流用のブロックを出し入れすることにより流れを調整する技術が提案されている。しかしながら、これは、厚肉幅広シートの為のものであり本願の目的と相違する。

(4) 特開平9-328366号公報及び特開平10-152379号公報には、セラミック材料(杯土)に添加する可塑剤等を変更することにより坏土の流れ性を良くすることにより均一なシートを得る技術が提案されている。しかしながらこの方法では、添加剤の組成を変更すると焼成収縮率等の各種セラミック特性が変わり製品性能が変わるという問題が生じる。

【0011】

【解決しようとする課題】このように、従来より、セラミックシートへのしわの発生防止策として種々の技術が提案されているが、スクリー押出機を用いた場合の効果的な対策は未だなされていない。特に、スクリー押出機を用いて、幅が広く厚さが薄いセラミックシートをしわの発生を抑制しつつ押出成形する方法は、未だ確立されていない。

【0012】本発明は、かかる従来の問題点に鑑みてなされたもので、小径のスクリー押出機を用いて比較的幅広く厚さが薄いセラミックシートをしわの発生を抑制しつつ押出成形することができる、セラミックシートの成形方法及び成形装置を提供しようとするものである。

【0013】

【課題の解決手段】請求項1の発明は、スクリー式の押出機と、該押出機の先端に配設された成形型とを有する成形装置を用い、上記押出機に導入したセラミック材料を上記成形型からシート形状に押出成形してセラミックシートを成形する方法において、上記成形型を通過中のセラミック材料を、その幅方向に複数に分割してなる各領域においてそれぞれ温度調整しながら押出成形を行うことを特徴とするセラミックシートの成形方法にある。

【0014】本発明において最も注目すべき点は、上記

成型型を通過中のセラミック材料を、幅方向の上記各領域ごとに温度調整しながら押出成形を行うことである。上記幅方向の領域の分割は、少なくとも3分割以上行うことが好ましい。これにより、少なくとも中央部分と両サイド部分とを別個に温度調整することができる。なお、具体的な分割数は、成形しようとするセラミックシートの幅寸法等に応じて適宜選択することができる。

【0015】次に、本発明の作用効果につき説明する。本発明においては、上記のごとく、成型型を通過中のセラミック材料を、その幅方向に複数に分割してなる各領域においてそれぞれ温度調整しながら押出成形を行う。そのため、押出し成形されていくセラミックシートの幅方向における成形速度の差異、およびこれに伴う形状の変化を、精度よく抑制することができる。

【0016】例えば、中央部分の成形速度が速く、その部分が波立った形状（しわ形状）となる場合には、この中央部分に対応する領域における、成型型通過中のセラミック材料の温度を相対的に低くするように温度調整を行う。具体的には、中央部分の領域の温度を低下させるか、その周囲の領域の温度を高めるか、あるいはこれらの両方を行う。

【0017】これにより、成型型通過中のセラミック材料は、幅方向の中央部分に位置する領域の温度が相対的に下がり、流動性も相対的に低下する。この現象は、セラミック材料の流動性が温度に相関があるために生じる。そして、この流動性の相対的な低下によって、幅方向中央部分の領域における押出成形速度は、相対的に低下する。これにより、成型型から押出されるセラミックシートは、幅方向に略均一な押出成形速度に修正され、その形状もしわ等のない優れた形状に改善される。

【0018】また、しわ形状の発生が中央部分でなく、他の部分であっても、その部分に対応する領域の成型型通過中におけるセラミック材料の温度を相対的に低下させることにより、その領域に対応する部分の流動性の相対的な低下および押出成形速度の相対的な低下を得ることができる。そして、これにより、成型型から押出されるセラミックシートは、幅方向に略均一な押出成形速度に修正され、その形状もしわ等のない優れた形状に改善される。

【0019】そして、本発明では、このように積極的に形状修正を行うことができるので、従来しわが発生してスクリーン押出機を用いた押出成形がうまくできなかった、比較的幅広で薄肉のセラミックシートであっても、非常に優れた形状にスムーズに成形することができる。

【0020】したがって、本発明によれば、スクリーン押出機を用いて比較的幅広く厚さが薄いセラミックシートをしわの発生を抑制しつつ押出成形することができる。セラミックシートの成形方法を提供することができる。

【0021】次に、請求項2の発明のように、押出成形

された上記セラミックシートの成形速度相関データを上記各領域に対応する領域ごとに測定し、得られた速度相関データに基づいて上記温度調整を行うことが好ましい。この場合には、押出機から成型型に押出されるセラミック材料の状態が変化しやすい場合などにおいても適宜自動的に温度調整を行うことができ、更に精度よくセラミックシートの形状制御を行うことができる。上記の各領域の成形速度相関データは、例えば非接触式の数速度センサ等により測定した速度データ、あるいは速度に相関のある形状データ、変位データを用いることができる。これは、成形速度の差はしわ、波うち形状等のシートの形状に反映されるので、その形状、変位等の測定により上記成形速度データの代替とすることができるためである。

【0022】また、請求項3の発明のように、上記押出機に内蔵されたスクリーンの外径 $d$ と上記セラミックシートの幅寸法 $W$ とは、 $W \geq 3d$ の関係にあることが好ましい。即ち、 $W \geq 3d$ 以上の幅広薄肉形状を有するセラミックシートを成形する場合には、特にしわが発生しやすい傾向にある。本発明は、この場合にも上記の優れた作用効果を有効に発揮させることができ、しわ等の発生を防止することができる。

【0023】また、請求項4の発明のように、上記押出機に内蔵されたスクリーンの外径 $d$ と上記セラミックシートの幅寸法 $W$ とは、 $W \geq 5d$ の関係にあってもよい。この場合には、さらにしわが発生しやすいが、上記の優れた作用効果を有効に発揮させることができ、しわ等の発生を防止することができる。

【0024】また、請求項5の発明のように、上記押出機に内蔵されたスクリーンの外径 $d$ は7.0mm以下であることが好ましい。この場合には、スクリーン押出機全体を比較的コンパクトにすることができ、材料替え等の分解作業を1人の作業員により容易に行うことができ、工程合理化、工数低減を図ることができる。一方、スクリーン押出機のスクリーンの外形が小さいほど、広幅のセラミックシートの作製が困難になる傾向がある。しかしながら、本発明では、上記作用効果の発揮によって、従来作製困難であった幅広のセラミックシートであっても優れた形状で成形することが可能となる。

【0025】また、上記のごとくスクリーン径を7.0mm以下に小型化することにより、スクリーン押出機の内部容積が小さくなる。これにより、スクリーン押出機内部へ導入される空気量を少なくすることができる。それ故、得られるセラミックシート内部への空気の混入を抑制することができる。品質の向上を図ることができる。そして、この空気の混入を抑制することによって、上記セラミックシートの内部欠陥を抑制することができる。さらに、セラミックシートを電気絶縁用の材料として用いる際に、その絶縁不良や割れの発生を抑制することもできる。

【0026】また、請求項6の発明のように、上記セラミックシートの厚みは1.5mm以下であることが好ましい。従来厚みが1.5mm以下のセラミックシートを作製する場合には、しわ等の発生によりその幅をあまり広く設定することができなかった。これに対し、本発明では、厚みが1.5mm以下の場合であっても、上記の作用効果を有効に発揮することができ、従来作製困難であった幅広のセラミックシートであっても優れた形状で成形することが可能となる。

【0027】また、請求項7の発明のように、上記セラミックシートの厚みは300 $\mu$ m以下であってもよい。この場合には、さらにしわ等の発生のおそれが高いが、上記の作用効果を有効に発揮することにより、優れた形状で成形することが可能となる。

【0028】また、請求項8の発明のように、上記成形型には、セラミック材料の流動抵抗を変化させる複数の整流板を進退可能に配設してあり、上記温度調整を行うと共に上記整流板の進退によってセラミック材料の流動抵抗を調整しながら押出成形を行うこともできる。この場合には、上記の領域ごとの温度調整に加えて、整流板の進退による物理的な流動抵抗の制御を行うことにより、さらにしわ等の形状修正効果を高めることができる。

【0029】次に、請求項9の発明は、スクリー式の押出機と、該押出機の先端に配設された成形型とを有し、上記押出機に導入したセラミック材料を上記成形型からシート形状に押出成形してセラミックシートを成形する装置において、上記成形型には、該成形型内を通過するセラミック材料を、その幅方向に複数に分割してなる各領域においてそれぞれ温度調整するための温度調整手段を有していることを特徴とするセラミックシートの成形装置にある。

【0030】本発明において最も注目すべき点は、上記成形型に、上記各領域ごとにセラミック材料の温度調整を行うための上記温度調整手段を設けたことである。上記温度調整手段としては、後述するごとく、種々の方法をとることができる。また、上記領域の分割数は、少なくとも中央部と両端側とを制御できるように3分割以上とすることが好ましい。また、上記温度調整手段は、上記成形型の上下のいずれか一方に設けてもよいし、上下両方に設けることもできる。そして、上下両方に設ける場合には、上記領域の分割を上下とも同様にしてもよいし、上下を異なる分割数に変更することも可能である。

【0031】次に、本成形装置の作用効果につき説明する。本成形装置の上記成形型には、上記温度調整手段を設けてある。そのため、本成形装置を用いてセラミックシートを押出成形する場合には、成形型を通過中のセラミック材料を、その幅方向に複数に分割してなる各領域において、上記温度調整手段によってそれぞれ温度調整

しながら押出成形を行うことができる。そのため、上記のごとき非常に優れた成形方法を確実に実行することができる。

【0032】それ故、本発明によれば、スクリー押出機を用いて比較的幅広く厚さが薄いセラミックシートをしわの発生を抑制しつつ押出成形することができる。セラミックシートの成形装置を提供することができる。

【0033】次に、請求項10の発明のように、上記温度調整手段は、上記成形型を幅方向に分割してなる各領域ごとにそれぞれ設けたチャンバーと、該チャンバーにそれぞれ加熱または冷却用の熱媒体を循環させる熱媒体循環手段とを有することが好ましい。この場合には、各チャンバーに循環させる熱媒体の流量あるいは温度を制御することによって、各領域ごとのセラミック材料の温度調整を容易に行うことができる。

【0034】また、請求項11の発明のように、上記温度調整手段は、上記成形型を幅方向に分割してなる各領域ごとに制御可能なヒータを有することもできる。この場合には、ヒータの加熱能力によって、各領域ごとにセラミック材料の温度を上昇させることができる。また、上記ヒータは、上述したチャンバーに循環させる熱媒体と共に用いることもでき、この場合には、加熱、冷却等、種々の組み合わせ制御を容易に行うことができ、温度制御の精度を向上させることができる。

【0035】また、請求項12の発明のように、上記成形装置は、上記成形型から押出されたセラミックシートの成形速度を上記各領域に対応する領域ごとに測定する成形速度相関データ測定手段と、該成形速度相関データ測定手段により得られた速度相関データに基づいて上記温度調整手段を制御する制御手段を有することが好ましい。この場合には、上記成形速度相関データ測定手段からフィードバックされる速度分布に応じて、精度よく上記温度調整手段を制御することができる。なお、上記成形速度相関データ測定手段は、直接速度を測定する速度センサに限らず、間接的に速度に相関のある形状、あるいは変位を測定する形状センサ、変位センサ等を適用して形状、変位等のデータを測定し、これを用いて制御することができる。

【0036】また、請求項13の発明のように、上記押出機に内蔵されたスクリーの外径dと上記セラミックシートの幅寸法Wとは、 $W \geq 3d$ の関係にあることが好ましい。この場合には、上記と同様に、特に有効にしわ等の発生防止効果を発揮させることができる。

【0037】また、請求項14の発明のように、上記押出機に内蔵されたスクリーの外径dと上記セラミックシートの幅寸法Wとは、 $W \geq 5d$ の関係にあってもよい。この場合にも、上記と同様に、しわ等の発生防止効果を有効に発揮させることができる。

【0038】また、請求項15の発明のように、上記押出機に内蔵されたスクリーの外径dは70mm以下で

あることが好ましい。この場合には、上記と同様に、スクリュウ押出機全体を比較的コンパクトにすることができ、材料替え等の分解作業を1人の作業員により容易に行うことができ、工程合理化、工数低減を図ることができると共に、しわ等の発生防止効果を特に有効に発揮させることができる。また、上述したごとく、得られるセラミックシートへの空気の混入を抑制することもできる。

【0039】また、請求項16の発明のように、上記セラミックシートの厚みは1.5mm以下であることが好ましい。上記のごとく、厚みが1.5mm以下のセラミックシートを作製する場合には、しわ等の発生によりその幅をあまり広く設定することができなかったが、特にこの範囲においては、上記の作用効果を有効に発揮することができる。

【0040】また、請求項17の発明のように、上記セラミックシートの厚みは300 $\mu$ m以下であることがより好ましい。この場合には、上記のごとく、さらにしわ等の発生のおそれが高いが、上記の作用効果を有効に発揮することにより、優れた形状で成形することが可能となる。

【0041】また、請求項18の発明のように、上記成形型には、セラミック材料の流動抵抗を変化させる複数の整流板を進退可能に配設してあることが好ましい。この場合には、上記温度調整手段と共に上記整流板を制御することにより、更に優れた形状修正効果を発揮させることができる。

#### 【0042】

##### 【発明の実施の形態】実施形態例1

本発明の実施形態例にかかるセラミックシートの成形方法及び成形装置につき、図1～図5を用いて説明する。本例のセラミックシートの成形装置1は、図1に示すごとく、スクリュウ式の押出機2、3と、押出機2の先端に配設された成形型11とを有し、押出機2に導入したセラミック材料80を成形型11からシート形状に押出成形してセラミックシート8を成形する装置である。上記成形型11には、該成形型11内を通過するセラミック材料80を、その幅方向に複数に分割してなる各領域においてそれぞれ温度調整するための温度調整手段5を有している。

【0043】以下、これを詳説する。本例の成形装置1は、図1に示すごとく、2段のスクリュウ式押出機2、3を連ねてなると共に、下段の押出機2の先端に上記成形型11を配設してある。成形型11、図1、図2に示すごとく、円管の一方を押しつぶしたような形状を有し、先端に行くにつれて上下方向の寸法を狭め、かつ、幅方向の寸法を広くしてある。そして、図1に示すごとく、その先端には押出成形するセラミックシート8の厚みを規制するための一対の口金121、122を配設してある。上方の口金121は、調整ねじ125のねじ込

みを調整することにより進退可能に配設されており、下方の口金122との間とのギャップを調整することができる。

【0044】そして、成形型11は、図1～図3に示すごとく、上記温度調整手段5として、成形型11を幅方向に分割してなる各領域ごとにそれぞれ設けたチャンバー51と、該チャンバー51にそれぞれ冷却用の熱媒体6を循環させる熱媒体循環手段60とを有する。本例のチャンバー51は、図2、図3に示すごとく、上下それぞれに幅方向に3分割してなる領域にそれぞれ設けた。そして、各チャンバーには、熱媒体の流入口511と排出口512とを設け、これらに熱媒体循環手段6の循環パイプ621、622をそれぞれ接続した。

【0045】熱媒体循環手段60は、ポンプ、電磁弁等を介して熱媒体タンクからそれぞれのチャンバー51に適宜熱媒体6を循環できるよう構成されている。この熱媒体循環手段60の制御方法および詳細構造としては種々の構成をとることができる。例えば後述する実施形態例のようにフィードバック制御により自動制御を行うこともできる。本例では、自動制御を採用せず、手動により各チャンバー51への冷却用の熱媒体6の温度および流量を調整するよう構成した。

【0046】また、図1に示すごとく、上記各スクリュウ式の押出機2、3は、いずれも、軸体221、321の周囲にリード部222、322を螺旋状に巻回してなる押出スクリュウ22、32をハウジング21、31の内部に内蔵してなる。本例では、上記押出スクリュウ22、23として、その外径（リード部の外径）dが $\phi$ 30mmのものを採用した。そして両者の間には、真空室4を配設してある。また、上段の押出機3の後端上方には、セラミック材料80を導入するための材料導入部39を配設した。

【0047】材料導入部39は、同図に示すごとく、逆四角錐状に形成された開口部390と、その下方に配設された左右一対の押込みローラ392とを有する。この一対の押込みローラ392は、両者の間に投入されたセラミック材料80を噛み込んで下方の押出機3の内部に送るよう構成されている。また、上記真空室4は、上段の押出機3から押出されたセラミック材料80を脱気処理すべく、内部をポンプ55により真空引きできるよう構成されている。さらに、真空室4には、上記材料導入部39におけるものと同様の左右一対の押込みローラ292を配設してある。

【0048】次に、本例では、上記成形装置1により成形されたセラミックシート8を乾燥させてコイル状に巻き上げる乾燥装置7を準備した。乾燥装置7は、一対のプーリー711、712とこれらにより駆動されるベルト713よりなるベルトコンベア71を有する。また、ベルトコンベア71には、ベルト713が通過するヒータ室73が配設されている。ヒータ室73は、ケース7

30 内にヒータ 731 と温度センサ 732 とを有してなり、ヒータコントローラ 735 が、上記温度センサ 732 の測定値に基づいてヒータ 731 を制御し、一定の温度を維持するよう制御される。

【0049】また、上記ベルトコンベア 71 の入り側には、押出成形されたセラミックシート 8 のたわみ量を測定する変位センサ 741 と、これの測定値に基づいて上記たわみ量が一定となるようにベルトコンベア 71 の速度を制御する速度制御装置 74 が設けられている。また、ベルトコンベア 71 の出側には、乾燥後のセラミ

ックシート 8 をコイル状に巻き取るコイラー 75 が設けられている。  
【0050】次に、上記成形装置 1 を用いて実際にセラミックシート 8 を成形した。セラミック材料 80 としては、アルミナ粉末 100 重量部、メチルセルロース 12 重量部、グリセリン 2 重量部、水 20 重量部を混合したものをを用いた。成形するセラミックシート 8 のサイズは、幅 W (図 2) を 250 mm、厚み T (図 1) を 200  $\mu$ m とした。そして、このセラミックシート 8 のサイズに対応する形状に上記成形型 11 を構成した。したがって、上記スクリュウ押出機 2 の押出スクリュウ 22 の外径 d (図 2) とセラミックシート 8 の幅寸法 W との関係は、 $W \geq 3d$  の関係にある。

【0051】セラミックシート 8 の成形に当たっては、まず上記のセラミック材料 80 を材料導入部 39 から投入する。投入されたセラミック材料 80 は、一對の押込みローラ 392 によって下方の押出機 3 内に送られる。押出機 3 内のセラミック材料 80 は、押出スクリュウ 32 の回転によって混練されながら前進し、真空室 4 へと押出される。真空室 4 に進入したセラミック材料 80 は、脱気された状態で、一對の押込みローラ 292 により下方の押出機 2 に送られる。押出機 2 内のセラミック材料 80 は、押出スクリュウ 22 の回転によってさらに混練されながら前進し、成形型 11 に進入した後、口金 121、122 の間からシート状に成形されて押出される。押出されたセラミックシート 8 は、上記の乾燥装置 7 によって乾燥され、コイル状に巻き取られる。

【0052】そして、本例では、押出成形される上記セラミックシート 8 の形状を修正すべく、上記温度調整手段 5 を用いることにより、成形型 11 を通過中のセラミック材料 80 を、その幅方向に複数に分割してなる各領域においてそれぞれ温度調整しながら押出成形を行った。

【0053】具体的には、まず、成形開始時においては、上記熱媒体循環手段 60 によって 10℃ の温度の熱媒体 6 を全チャンバ 51 に同様に循環させておく。そして、成形されるセラミックシート 8 の形状を観察し、成形速度が速くしわ状となった部分に対応する領域のチャンバ 51 に循環させる熱媒体 6 の温度を低下させるか、その他の領域のチャンバ 51 に循環させる熱媒体

6 の温度を上昇させるか、あるいはその両方を行う。これにより、成形型 11 内を通過するセラミック材料 80 の流動性が各領域ごとに調整され、口金 121、122 を通過するセラミック材料 80 の速度を幅方向においてほぼ一定にすることができる。

【0054】さらに図 5 を用いて説明すると、図 5 (a) に示すごとく、押出成形されるセラミックシート 8 の中央部の速度が速く、しわが発生している場合には、成形型 11 通過中の中央の領域のセラミック材料 80 の温度が両側よりも相対的に低くなるように、各チャンバ 51 に循環させる熱媒体 6 の温度を変化させる。

【0055】また、図 5 (b) に示すごとく、押出成形されるセラミックシート 8 の両サイドの速度が速く、しわが発生している場合には、成形型 11 通過中の両サイドの領域のセラミック材料 80 の温度が中央のものよりも相対的に低くなるように、各チャンバ 51 に循環させる熱媒体 6 の温度を変化させる。また、図 5 (c) に示すごとく、押出成形されるセラミックシート 8 の一部分の速度が速く、しわが発生している場合には、成形型 11 通過中の上記一部分に対応する領域のセラミック材料 80 の温度がその他の部分よりも相対的に低くなるように、各チャンバ 51 に循環させる熱媒体 6 の温度を変化させる。

【0056】なお、本例では、熱媒体 6 の温度を変化させる方法を用いたが、熱媒体 6 の流量を変化させて伝熱量を変化させる方法、あるいは、これらを組み合わせた方法を用いることも勿論可能である。

【0057】このように、本例の成形装置 1 を用いれば、成形型 1 から押出されるセラミックシート 8 の形状に応じて、上記温度調整手段 5 を操作することにより、セラミックシート 8 の形状を優れた形状に容易に修正することができる。したがって、本例の成形装置 1 を用いて上記成形方法を実施すれば、比較的幅広く厚さが薄いセラミックシートであっても、しわの発生を防止しつつ安定的に押出成形することができる。

【0058】また、本例では、上記スクリュウの外径 d を積極的に小さくし、 $\phi 30$  mm を採用した。このため、スクリュウ押出機 2 全体をコンパクトにすることができ、材料替え等の分解作業を 1 人の作業員により容易に行うことができ、工程合理化、工数低減を図ることができる。

【0059】また、上記のごとくスクリュウ径を d を小さくしたので、スクリュウ押出機 2 の内部容積が小さくなる。これにより、スクリュウ押出機 2 内部へ導入される空気量を少なくすることができる。それ故、得られるセラミックシート 8 内部への空気の混入を抑制することができ、品質の向上を図ることができる。そして、この空気の混入を抑制することによって、上記セラミックシート 8 を電気絶縁用の材料として用いる際に、その絶縁不良や割れの発生を抑制することもできる。

## 【0060】実施形態例2

本例は、図6に示すごとく、実施形態例1の成型型11に、セラミック材料80の流動抵抗を変化させる整流板17を進退可能に配設した例である。具体的には、図7に示すごとく、口金121よりも内部に、幅方向に5分割した整流板17を配設し、それぞれ進退ねじ175のねじ込み量の調整により進退可能に構成した。その他は、実施形態例1と同様である。

【0061】この場合には、上記の領域ごとの温度調整に加えて、整流板17の進退による物理的な流動抵抗の制御を行うことにより、さらにしわ等の形状修正効果を高めることができる。その他は、実施形態例1と同様の作用効果が得られる。

## 【0062】実施形態例3

本例は、図8及び図9に示すごとく、実施形態例1の成型型11に設ける領域を変更した例、即ち、成型型11を、上下ともに幅方向に5分割した領域を設け、それぞれの領域にチャンバー51を配設した例である。

【0063】この場合には、実施形態例1の場合よりも領域の分割数を多くしたことにより、温度調整のきめ細かさが向上し、さらにセラミックシートの形状修正効果が向上する。一方、比較的幅の狭いセラミックシートを成形する場合には、5分割の領域を設ける必要がない場合もあり、この場合には、上記実施形態例1と同様の3分割を採用することによって、装置の簡素化および設備費用の低減を図ることができる。その他は実施形態例1と同様の作用効果が得られる。

## 【0064】実施形態例4

本例は、図10及び図11に示すごとく、実施形態例1の成型型11に設ける領域を変更した例、即ち、成型型11を、上方は幅方向に3分割（図10（a））、下方は幅方向に4分割（図10（b））した領域を設け、それぞれの領域にチャンバー51を配設した例である。この場合には、例えば、セラミックシート8の上面側よりも下面側の方が幅方向の偏差が大きい場合において、下面側を上面側よりきめ細かく温度調整することができる。その他は、実施形態例1と同様の作用効果が得られる。

## 【0065】実施形態例5

本例は、図12に示すごとく、上記温度調整手段5として、熱媒体循環手段60に加えて、上記成型型を幅方向\*

\*に分割してなる各領域ごとに制御可能なヒータ65を設けた例である。即ち、成型型11の上下には1ゾーンのみのチャンバー51を設け、また、上下の内壁内部には複数のヒータ65を複数埋設した。

【0066】この場合には、上記チャンバー51に循環させる熱媒体6によって、成型型11内を通過するセラミック材料80の全体的な温度を制御し、かつ、上記ヒータ65の部分的な制御によって上記実施形態例1の場合と同様の温度調整を行う。この場合には、ヒータ65の設置間隔によって幅方向の領域の分割数を容易に細かくすることができ、さらにきめ細かい調整を行うことができる。その他は、実施形態例1と同様の作用効果が得られる。

## 【0067】実施形態例6

本例では、実施形態例1および3の成形装置を基本とし、種々のサイズのセラミックシート8を成形して、上記温度調整手段5の効果を試験した。試験は、表1に示すごとく、スクリュース式の押出機2、3として、スクリュース径dがφ30mm、φ50mmの2種類のものを用いた。また、セラミックシートの幅Wは、30～250mmの範囲とした。また、セラミックシートの厚みはすべて200μmとした。また、表1には、それぞれの試験に使用した成型型における幅方向領域の分割数（制御ゾーン数）、及びW/dの値、及び成形後のしわ発生有無を示した。なお、各領域の分割は図3、図9に示すごとく、上下とも3分割か上下とも5分割のいずれかとした。

【0068】表1より知られるごとく、上記温度調整手段による温度調整を行わない場合には、W/dが2以下の場合では問題ないが、3になると時々しわが発生するようになり、3を超えた場合には、常時しわが発生した。これに対し、上記温度調整手段を用いて温度調整を行った場合には、分割数が3であっても少なくともW/dが6まで（即ち、 $W \geq 5d$ であっても）しわの発生を十分に抑制して優れた形状のセラミックシートを成形することができた。さらに、W/dが8.3の場合においては、分割数が3の場合には若干しわが発生するものの、5分割化することによって、これを解消することができることがわかる。

## 【0069】

【表1】



(表1)

スクリュー径d (mm)	シート幅W (mm)	W/d	温度調整有無 (制御ゾーン数)	しわ発生有無
φ30	30	1	なし	○
	60	2	なし	○
	90	3	なし	△
	90	↑	有り(3ゾーン)	○
	110	3.6	なし	×
	110	↑	有り(3ゾーン)	○
	120	4	なし	×
	120	↑	有り(3ゾーン)	○
	150	5	なし	×
	150	↑	有り(3ゾーン)	○
	180	6	なし	×
	180	↑	有り(3ゾーン)	○
	180	↑	有り(5ゾーン)	○
	250	8.3	有り(3ゾーン)	△
	250	↑	有り(5ゾーン)	○
φ50	60	1.1	なし	○
	150	2.7	なし	○
	180	3.3	なし	×
	180	↑	有り(3ゾーン)	○

○:良好, △:時々しわ発生, ×:しわ発生

## 【0070】実施形態例7

本例では、図13に示すごとく、実施形態例1の成形装置1における温度調整手段5を自動制御化した例である。同図に示すごとく、本例の温度調整手段5は、成型型11を幅方向に5分割してなる各領域ごとにそれぞれ設けたチャンバー51と、該チャンバー51にそれぞれ冷却用の熱媒体6を循環させる熱媒体循環手段60とを有する。そして本例の熱媒体循環手段60は、上記熱媒体循環手段60を成形されるセラミックシート8の幅方向各部の成形速度に応じてフィードバック制御するよう構成してある。

【0071】具体的には、まず成型型11の各チャンバー51の流入口511と排出口512とにそれぞれ熱媒体タンク61から循環パイプ621、622を接続した。流入口511に接続した循環パイプ621には、流量制御バルブ63及びポンプ64をそれぞれ配設してあ

り、各循環パイプ621に循環させる流量を各々制御できるように構成してある。なお、本例では、上下に対面する領域は、同じ循環パイプ621、622を分岐して同一経路とした。

【0072】また、上記流量制御バルブ63は熱媒体制御装置65に接続されており、これから出されるバルブ制御命令によりバルブ開度を調整し熱媒体6の流量を調整するよう構成されている。さらに上記熱媒体制御装置65は、シート成形速度評価装置66に接続されており、これから出される温度制御命令に基づいて上記バルブ制御命令を算出するよう構成されている。

【0073】上記シート成形速度評価装置66は、同図に示すごとく、成型型11の出側下方に配設された5つの成形速度センサ665に接続されており、これらから得られる成形速度測定値に基づいて上記温度制御命令を算出するよう構成されている。上記5つの成形速度セン

サ665は、上記温度調整のための幅方向の各分割領域に対応している。

【0074】そして、本例においては、上記の構成によって、温度調整手段を自動制御化することができる。即ち、セラミックシート8の成形開始時には、ある特定の初期条件で各チャンバー51に熱媒体6を循環させておく。そして、成型型11から成形されるセラミックシート8の速度を、上記5つの成形速度センサ665によって、それぞれ測定する。

【0075】この成形速度測定値を基にして、上記シート成形速度評価装置66が、どの領域の温度を上昇させるかあるいは低下させるかを決定し、その内容を温度制御命令として上記熱媒体制御装置65に送る。熱媒体制御装置65では、上記温度制御命令に従って、各チャンバー51に循環させる熱媒体6の流量を決定し、上記流量制御バルブ63を制御する。

【0076】このように、本例の成形装置および方法を用いれば、成形しながらセラミックシート6の形状に応じて自動的に温度調整手段5をフィードバック制御することができ、制御の応答性向上及び精度向上を図ることができる。その他は実施形態例1と同様の作用効果が得られる。

#### 【0077】実施形態例8

本例では、実施形態例1におけるスクリュウ押出機2、3の押出スクリュウ22、23の外径dを変化させ、得られたセラミックシート8の内部欠陥量を測定した。この内部欠陥は、押出成形時に空気の巻き込みによって生じるものである。内部欠陥量の測定は、大きな欠陥については、投光器によりシートを透過し、目視により実施し、小さな欠陥についてはX線マイクロフォーカスにより透過検査を実施した。

【0078】測定結果を図14に示す。同図は横軸に押出スクリュウの外径dを、縦軸にセラミックシート8の内部欠陥の個数をとったものである。同図より知られるごとく、内部欠陥の個数は、外径dが大きいほど多くなった。このことから、スクリュウ外径dが大きいほど押出成形時に空気の巻き込みが大きく、内部欠陥として残りやすいことがわかる。また、外径dが70mm以下の場合には、内部欠陥数が単位面積(1cm<sup>2</sup>)あたり1個以下であり、良好であることもわかる。

【0079】このように、本例では、スクリュウ外径dを小さくするほど内部欠陥の少ないセラミックシートを作製できることがわかった。これを応用して、例えば電気絶縁材料として用いるセラミックシートを作製する場合に、できる限りスクリュウ外径の小さい押出成形装置を用いることにより、上記内部欠陥が少なくなり、絶縁不良や、割れの発生のないセラミックシートを得ることができる。

【0080】なお、上記各実施形態例においては、種々の材質、あるいは種々の用途のセラミックシートを作製

可能である。例えば、インジェクタその他のアクチュエータとして用いることができる積層型の圧電素子、あるいは積層型のコンデンサなどのセラミック積層体用のセラミックシート、その他単層で用いられる各種のセラミックシートを本発明により作製可能である。具体的な材質としては、PZT(ジルコン酸チタン酸鉛)、チタン酸バリウム、酸化ジルコニウム等を始め、様々な材質を適用可能である。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】実施形態例1における、成形装置の構成を示す説明図。

【図2】実施形態例1における、成型型の横断面の上部の構成を示す説明図。

【図3】実施形態例1における、成型型の押出方向に直行する縦断面の構成を示す説明図。

【図4】実施形態例1における、乾燥装置の構成を示す説明図。

【図5】実施形態例1における、形状修正前のセラミックシートを示す説明図。

【図6】実施形態例2における、成型型の押出方向に平行な縦断面の構成を示す説明図。

【図7】実施形態例2における、成型型の横断面の上部の構成を示す説明図。

【図8】実施形態例3における、成型型の横断面の上部の構成を示す説明図。

【図9】実施形態例3における、成型型の押出方向に直行する縦断面の構成を示す説明図。

【図10】実施形態例4における、(a)成型型の横断面の上部の構成、(b)成型型の横断面の下部の構成を示す説明図。

【図11】実施形態例4における、成型型の押出方向に直行する縦断面の構成を示す説明図。

【図12】実施形態例5における、成型型の押出方向に直行する縦断面の構成を示す説明図。

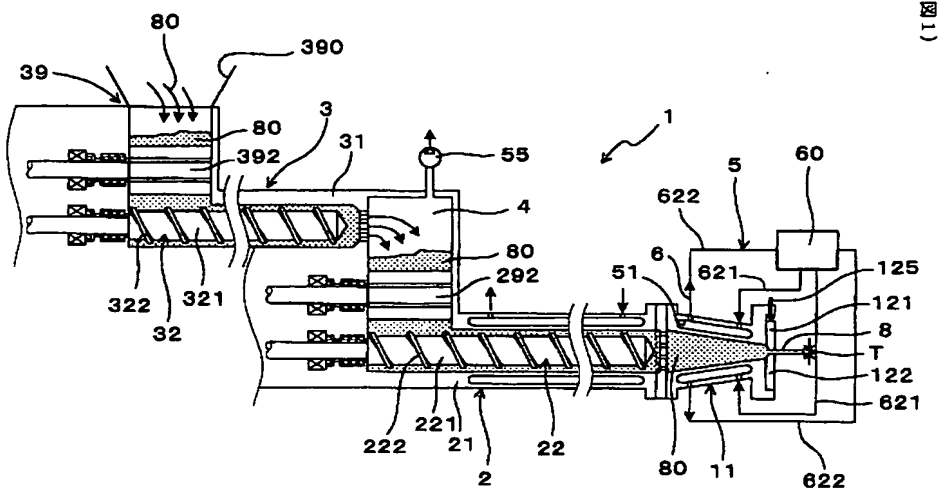
【図13】実施形態例7における、温度調整手段の構成を示す説明図。

【図14】実施形態例8における、スクリュウ外径と内部欠陥量との関係を示す説明図。

#### 【符号の説明】

- 1... セラミックシートの成形装置、
- 11... 成型型、
- 121, 122... 口金、
- 2, 3... 押出機、
- 22, 32... 押出スクリュウ、
- 4... 真空室、
- 5... 温度調整手段、
- 51... チャンバー、6... 熱媒体、
- 60... 熱媒体循環手段、
- 65... ヒータ、
- 7... 乾燥装置、

【図1】



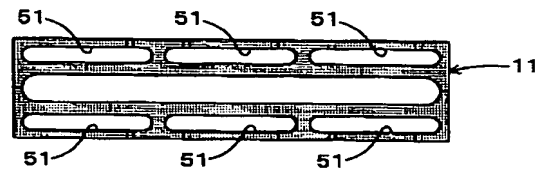
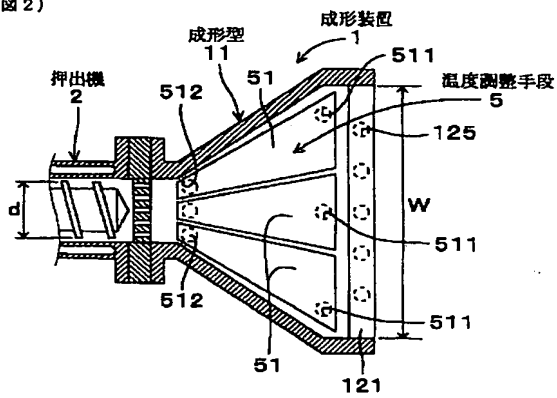
(図1)

【図2】

【図3】

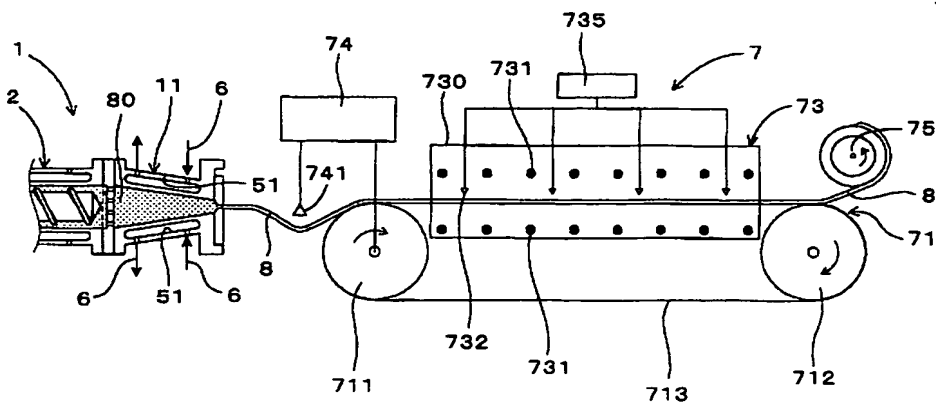
(図2)

(図3)



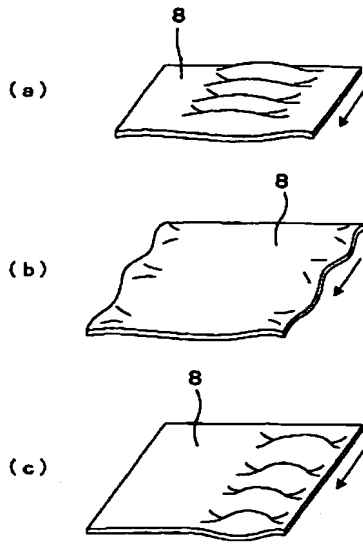
【図4】

(図4)



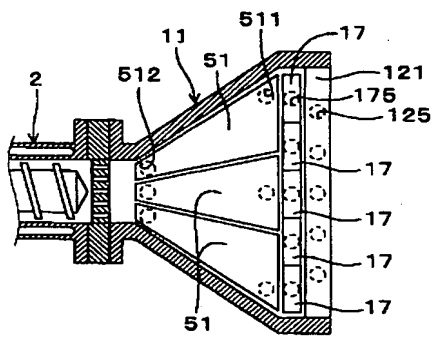
【図5】

(図5)



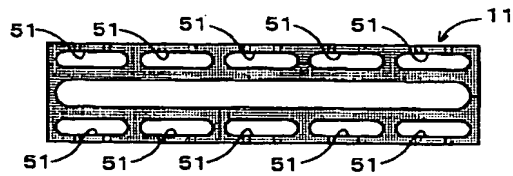
【図7】

(図7)



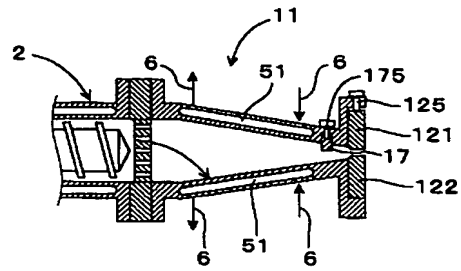
【図9】

(図9)



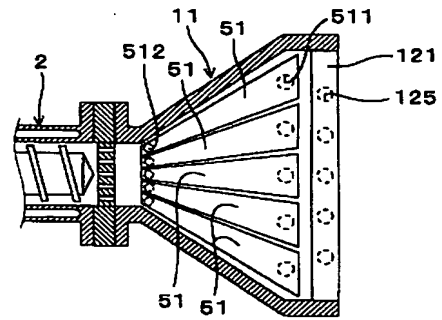
【図6】

(図6)



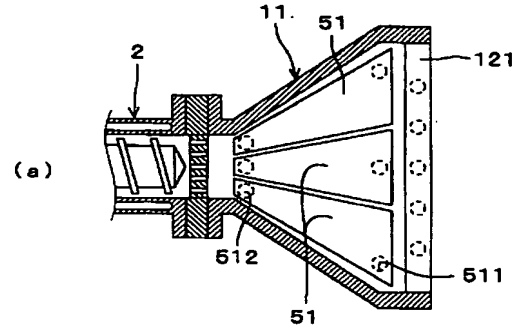
【図8】

(図8)

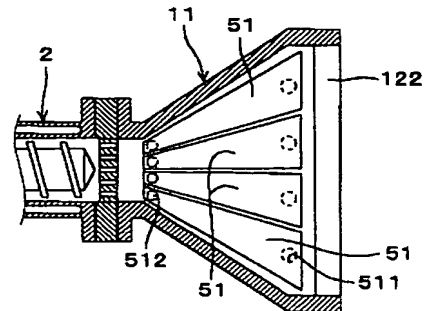


【図10】

(図10)

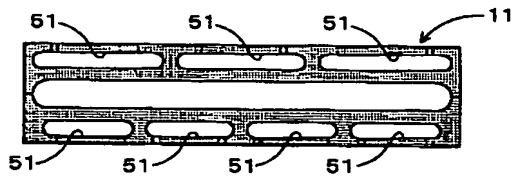


(b)



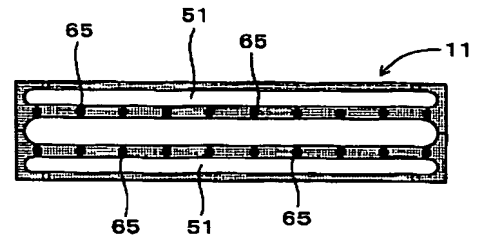
【図11】

(図11)



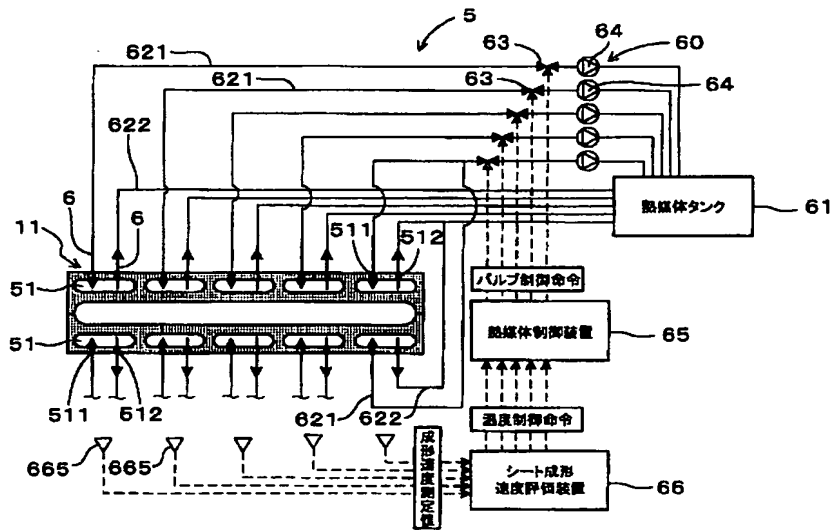
【図12】

(図12)



【図13】

(図13)



【図14】

(図14)

